

Aplicación de Árboles de Decisión para la valoración de compañías de minería aluvial

María Adelaida Echavarría Echeverri

mechava8@eafit.edu.co

Lina María Urrego Moreno

lurrego1@eafit.edu.co

Camilo Rodas Vélez

crodasve@eafit.edu.co

Introducción

Esta investigación pretende determinar la viabilidad de aplicación de la metodología de Árboles de Decisión (*Decision Tree Approach*) en la valoración de compañías de minería aluvial. Para lograr este objetivo se realiza la revisión de documentos académicos, libros y artículos sobre métodos de valoración, generalidades de la minería, minería aluvial y árboles de decisión; además se consultó a un experto internacional en la materia con trayectoria en el sector para tener su posición al respecto y complementar el análisis desde la perspectiva de la experiencia empresarial.

El problema es abordado partiendo de la definición de conceptos básicos de minería: tipos de minería, minería aluvial, reservas y recursos. Luego se describe el modelo de árboles de decisión, sus aplicaciones, debilidades y herramientas tecnológicas, posteriormente se exponen los

diferentes métodos de valoración usados para empresas mineras, para finalmente concluir sobre la viabilidad de aplicación de la metodología de Árboles de Decisión en la valoración de compañías de minería aluvial.

1. Definición de tipos de minería

De acuerdo al *Dictionary of Mining, Minerals and Related Terms* (Universidad Hacettepe, 2006), la minería es la ciencia, técnica y negocio del descubrimiento y explotación de minerales. Incluye todas las actividades relacionadas con la extracción de metales, minerales y piedras preciosas. De manera estricta significa “trabajos bajo tierra” pero en la práctica incluye minería a cielo abierto, canteras, explotaciones al descubierto, aluvial y operaciones combinadas.

Dentro de esta actividad se encuentran diversos tipos de explotación:

- Minería subterránea o de socavón: en minas de roca dura se suele perforar y volar la roca con explosivos para ir procesando el material en su interior. En minas de roca blanda la perforación se lleva a cabo con herramientas y equipos especializados.
- Minería por pozos de perforación: se extraen materiales líquidos como el agua y el petróleo.
- Minería de superficie: generalmente utilizada en lugares donde el material sedimentario que se encuentra sobre el mineral a explotar puede ser removido fácilmente y a un bajo costo. Incluye explotación a cielo abierto generalmente de metales, explotaciones al descubierto como carbón, canteras de las cuales se suelen extraer materiales industriales y de construcción, y minas de placer de donde usualmente se extraen minerales y metales pesados como el oro. Dentro de esta clasificación se encuentra la minería aluvial.

- Minería aluvial: remoción mediante dragado de los depósitos de aluviones¹ del fondo de una superficie cubierta por agua a profundidades no mayores a 65 metros. De acuerdo a la información publicada por Mineros S.A. en su sitio web, de los depósitos auríferos existentes, los aluviales se consideran como el tipo de yacimiento más explotado a través de la historia. El sistema de explotación más adecuado para la extracción de oro de aluviones profundos es por medio de dragas de succión que extraen el material contenido en la capa de los primeros 10 metros, y dragas de cucharas que extraen el material entre los 10 y 27 metros de profundidad, capa donde normalmente se encuentra el oro. Esta investigación se concentrará en la aplicación de la metodología de árboles de decisión para este tipo de minería.

2. Definición de recursos y reservas

De acuerdo a las definiciones planteadas por Baurens en el documento *Valuation of Metal and Mining Companies* (2007), se define como recurso la concentración de material sobre o bajo la corteza terrestre de tal manera o cantidad que hay prospectos razonables para una extracción económicamente viable. La localización, cantidad, características y continuidad de un recurso son conocidas, estimadas e interpretadas a partir de evidencia y conocimiento geológico específico. Por otro lado, la reserva mineral es la parte económicamente explotable de un recurso mineral demostrado por al menos un estudio de prefactibilidad.

¹ Depósitos compuestos de materiales sueltos o cementados como piedras, guijarros, arena, arcilla, tierra vegetal, etc., que ocupan el lecho antiguo o actual de las corrientes de agua, de los valles o de sus flancos. Recuperado el 22 de Junio de 2013 de <http://www.mineros.com.co/es/informacion-corporativa/glosario>

La diferenciación entre recursos y reservas depende de la etapa de desarrollo de la mina y el nivel de confianza que se tiene sobre la cantidad de mineral disponible y explotable. Se considera recurso el mineral en las etapas de exploración y evaluación, y reserva en las etapas de construcción del proyecto y producción minera propiamente dicha.

Los recursos se clasifican dependiendo del nivel de confianza que sobre ellos se tiene: recurso inferido (10% de probabilidad de éxito), recurso indicado (50% de probabilidad de éxito) y recurso medido (90% o más de probabilidad de éxito). La reserva a su vez se divide en dos categorías: probables (basada en recursos minerales indicados) y probadas (basada en recursos minerales medidos).

Los recursos inferidos son aquellos cuya cantidad y características pueden ser estimadas con muy poca certeza porque están determinados a partir de estudios geológicos y muestras muy pequeñas. Los recursos indicados están basados en exploraciones, muestras y pruebas con técnicas más apropiadas, que permiten tener un mayor nivel de certeza sobre las cantidades y características. Los recursos medidos tienen un alto nivel de certeza ya que las exploraciones y pruebas se han realizado de forma tan detallada y confiable que las variaciones de las estimaciones no afectarían de forma significativa la potencial viabilidad económica.

Las reservas probables son la porción económicamente explotable de un recurso indicado demostrado al menos por un estudio de pre factibilidad que incluya información suficiente sobre factores de explotación, ambientales, legales, económicos, sociales y gubernamentales que permitan justificar razonablemente la explotación económica. Las reservas probadas son la

porción económicamente explotable de un recurso medido. Por la incertidumbre que plantea la definición de recursos, estos tienen una baja importancia para ejercicios de valoración en el corto plazo (Campbell, 2008).

Aunque la cantidad a nivel global de un recurso mineral puede ser grande o inmensa, hay un límite de lo que se puede considerar como reserva o recurso explotable (Ministerio de Minas y Energía, 2003).

3. Definición de la metodología de árboles de decisión

“Cuando el futuro es incierto, tener la posibilidad de decidir después de que se tiene certeza de la situación, tiene un valor.” (Vasiliki, 2011)

El análisis de árboles de decisión es una metodología de evaluación de proyectos o activos que envuelven escenarios con incertidumbre. A través de esta evaluación se presentan las diferentes alternativas de decisión existentes con sus costos, ingresos y probabilidades de ocurrencia (Kodukula y Papudesu, 2006).

En el método de flujo de caja descontado, aun cuando se incluye el análisis de escenarios, no se logra incluir el efecto de las decisiones y flexibilidad directiva. En estas situaciones donde los flujos de caja son inciertos porque el tomador de decisiones puede optar por más de un camino de acuerdo a sus preferencias y creencias, es útil el modelo de árboles de decisión (Vasiliki, 2011).

A través de este tipo de análisis se ofrece mayor información acerca de los proyectos en comparación a la que normalmente se obtiene a través de un flujo de caja libre. Sin embargo, esta metodología no busca reemplazar la valoración a través de flujo de caja libre, sino complementarla (Kodukula y Papudesu, 2006).

Los árboles de decisión reconocen la interdependencia entre las decisiones actuales y las futuras que los gerentes deben tomar de acuerdo a las diferentes alternativas que se presentan según las condiciones específicas en un momento dado. Esto permite por lo tanto analizar decisiones secuenciales en la medida que se va teniendo certeza de ciertos aspectos a lo largo del tiempo.

Para aplicar este método, se construye un árbol en el que en cada una de las ramas representa una situación específica y en cada nodo² el tomador de decisión debe seleccionar la opción que maximiza el valor. El árbol puede crecer exponencialmente de acuerdo al número de variables y decisiones que se quieran incluir. Restringir el número de ramas puede ser útil pero también puede simplificar en exceso y conducir a errores en las decisiones (Maya, 2004).

Damodaran (2007) plantea los elementos que componen la estructura de un árbol de decisión y adicionalmente los pasos en el proceso de elaboración del mismo:

Existen 4 tipos de nodos en un árbol de decisión:

1. Nodos raíz: inicio del árbol de decisión, se plantea la decisión entre alternativas con resultados desconocidos. Se utilizan para determinar qué alternativa de inversión tiene más valor en este nodo inicial.

² Nodo: punto de intersección o unión de varias ramas o alternativas que confluyen en el mismo momento.

2. Nodos de decisión: caminos de acción que pueden ser elegidos por el “tomador de decisión” después de haber analizado los resultados de decisiones previas.
3. Nodos de evento: representan los posibles resultados en una decisión que implica riesgo. Es necesario determinar los posibles resultados y la probabilidad de ocurrencia de cada uno basados en la información disponible al momento de plantear el árbol de decisión. Puede ocurrir que después de nodos de eventos continúe el proceso de selección entre alternativas probables.
4. Nodos finales: resultados finales generados por la serie de decisiones y resultados previos del proceso que implicaron diferentes niveles de riesgo.

Pasos en la aplicación de la metodología:

1. Dividir el análisis en etapas y niveles de riesgo: definir las etapas de riesgo a las cuales se estará expuesto en el futuro. En algunos casos será necesario definir categorías con probabilidades específicas para definir criterios de éxito o no del proceso.
2. Definir las probabilidades de los resultados en cada fase: una vez definidas las fases de análisis y los posibles resultados, es necesario asignar probabilidades a cada uno de estos. Se debe tener en cuenta que resultados posteriores pueden ser afectados por resultados previos en el árbol de decisión.
3. Definir puntos de decisión: momentos en los que es necesario determinar, basado en los resultados de decisiones previas y la probabilidad de ocurrencia de los eventos futuros, cuál es el mejor curso de acción. Las decisiones se deben tomar teniendo como criterio los flujos

de caja marginales en cada nodo de decisión, por ejemplo los flujos de caja invertidos en decisiones anteriores se deben considerar como costos hundidos³.

4. Calcular flujos de caja o valores posibles en los nodos finales: para resultados finales que impliquen el fracaso del proyecto o problema analizado, el resultado será relativamente fácil de calcular (monto invertido en el proceso y que no se recuperará). Para resultados finales que impliquen continuación exitosa del proyecto el cálculo será más complicado pues implicará proyectar los flujos de caja y descontarlos para determinar el valor de ese posible resultado.
5. Resolver el árbol: los valores esperados son computados retrocediendo en el árbol. Si un nodo tiene asociada una probabilidad, su valor será la ponderación de las probabilidades de los resultados posibles con su respectivo valor. Si el nodo es de decisión, se calcula el valor esperado para cada curso de acción y se selecciona el de mayor valor como la decisión óptima. El resultado final de este análisis es el valor actual esperado del activo o de la inversión.

Del análisis de árboles de decisión resultan dos datos que son clave para la toma de decisiones y el análisis de proyectos: el valor esperado actual del activo o inversión y el rango de valores esperados en los nodos finales, los cuales darán cuenta del nivel de riesgo en el proyecto o problema que se esté analizando (Damodaran, 2007).

³ Costos hundidos: costos incurridos en el pasado que por lo tanto no son relevantes para la toma de decisiones.

4. Aplicaciones generales de la metodología

Según Damodaran (2007) los árboles de decisión son usados en la toma de decisiones en situaciones como:

- Respuesta a situaciones de riesgos: evaluar las acciones o alternativas que surgen para eventos inciertos y evitar resultados adversos inesperados.
- Valorar la información disponible: permiten comparar los beneficios y costos de invertir recursos en obtener más información para optimizar la toma de decisiones.
- Manejo de riesgos: permite identificar los riesgos futuros para determinar cuáles deben evitarse o mitigarse y los beneficios y costos de hacer esto.

5. Debilidades del modelo de árboles de decisión

Según autores como Maya (2004), Kodukula y Papudesu (2006) las principales debilidades de esta metodología se basan en la subjetividad en la definición de las probabilidades que se asignan a cada uno de los escenarios y en el uso de la misma tasa de descuento para todas las ramas y para todos los periodos.

Existen algunos riesgos que la metodología de árboles de decisión puede manejar y otros que no. Particularmente esta metodología es buena para manejar los riesgos secuenciales, pero los riesgos que ocurren simultáneamente no son fáciles de modelar bajo los árboles de decisión.

Finalmente, el valor esperado de un árbol de decisión es determinado fuertemente por el supuesto de mantenerse firme en los puntos de decisión del árbol, es decir, si un gerente decide no adoptar la posición que dio como resultado el análisis, la integridad del modelo y el valor esperado rápidamente se derrumbarán (Damodaran, 2007). A pesar de estas debilidades, las fortalezas parecen ser superiores en opinión de muchas compañías, incluidas las mineras, y se cita como ejemplo su uso intensivo en BHP Billiton, una de las empresas de minería más grandes del mundo.

6. Algunas aplicaciones prácticas de la metodología

- Evaluación de proyectos mutuamente excluyentes en una compañía.
- Evaluación de estrategias y cursos de acción con respecto a una decisión empresarial de mercadeo, desarrollo de productos, o la posición que se asume en litigios jurídicos.
- Análisis de riesgos en aseguradoras para definir costo de las pólizas que venden a cada cliente.
- Aplicaciones en medicina para diagnosticar de manera temprana y acertada pacientes con infarto de miocardio.
- Herramienta para el cálculo de probabilidades de incumplimiento en créditos bancarios.

7. Descripción de algunas de las herramientas de Tecnología de Información que se usan para construir árboles de decisión

En el mercado existen diferentes herramientas tecnológicas que facilitan la utilización de árboles de decisión. Herramientas como *Presicion Tree* de Palisade permiten el manejo de decisiones complejas y secuenciales a través de su graficación, organización y análisis en Microsoft Excel. También realiza los cálculos para identificar el valor esperado de cada una de las alternativas y resalta la óptima. Además presenta gráficos comparativos de las diferentes opciones y permite la realización de análisis de sensibilidad. Esta herramienta en la versión número 6 posibilita el cálculo de las probabilidades usando el teorema de Bayes⁴ lo cual es útil cuando las probabilidades de un modelo no están disponibles de forma directa y deben calcularse de forma inversa a partir de la probabilidad de un nodo posterior.

Entre otras opciones muy completas para graficar y analizar árboles de decisión se destaca la desarrollada por *TreeAge Software*. Esta herramienta tiene modelos y ayudas especializadas para aplicaciones de los árboles de decisión a una variedad de áreas que incluyen: salud, legal, estrategia y generación de energía. La herramienta está disponible de forma independiente de otros *softwares*, sin embargo es posible configurar un módulo especial que soporta varias interfaces con Excel y permite la importación, exportación y edición de datos.

Tree Plan de la compañía con el mismo nombre, también permite la creación de árboles de decisión a través de un complemento que es instalado en Excel. Esta herramienta es mucho más simple que las anteriores pero con menos funcionalidades.

⁴ Inferencia de la probabilidad de A dado B con la probabilidad de B dado A

Existen en el mercado otras herramientas de modelación y predicción como DTREG que permiten también la construcción y análisis de árboles de decisión. Sin embargo al no ser especializadas en este tipo de análisis son más limitadas y su uso para este fin es más complejo.

8. Prácticas frecuentes de valoración de compañías mineras a nivel mundial.

Según Heffernan (2004) determinar el precio de una empresa minera puede ser complejo debido a variables como el precio de los metales preciosos, el potencial de desarrollo y temas ambientales. Si la empresa está en la etapa de exploración, sin información histórica de flujos de caja, se vuelve aún más complejo.

Valorar una empresa minera es un ejercicio muy diferente al de otros negocios, ya que éste es finito, los depósitos contienen cierta cantidad de recurso que una vez son explotados pueden agotarse por completo, lo que generaría el cierre de la compañía. Existen además otras variables que hacen compleja la valoración de una empresa minera, tales como la regulación gubernamental, la intensidad en capital que requiere el negocio y la gran exposición al riesgo de mercado.

Los métodos más usuales para la valoración de empresas mineras son el flujo de caja descontado y múltiplos de empresas comparables públicas (listadas en bolsa). También se usa la valoración a partir de transacciones de empresas similares de la industria y la valoración por opciones reales.

Según Baurens (2010), la valoración por flujos de caja descontados consiste en determinar el valor intrínseco de un activo basado en su capacidad de generar flujos de caja futuros. El flujo de caja descontado requiere tener acceso a información detallada de todos los aspectos de la

compañía: depósitos, planes, procesos, costos operativos, estructura financiera, impuestos y características de la dirección, para poder calcular de forma razonable los flujos de caja. Por lo tanto no es aplicable en las primeras etapas de exploración minera donde no se cuenta con reservas aseguradas, por el contrario para el caso de las etapas de desarrollo y producción se considera generalmente el mejor método de valoración.

Utilizar el valor presente neto de los flujos de caja puede ser útil teniendo en cuenta que la tasa de descuento debe considerar los riesgos políticos, geológicos, sociales y financieros. Tal como lo menciona Paul van Eden (2007) se debe tener en cuenta no solo los flujos de caja generados sino también los costos de exploraciones futuras y desarrollo que permitirán que la empresa siga operando a los niveles esperados.

Por otra parte, Baurens (2010) también define a los métodos de valoración relativa o por múltiplos como aquellos que se basan en juicios de cuál es el valor de un activo partiendo del valor que el mercado asigna en el momento a otros activos similares. Los múltiplos más utilizados son Precio / Utilidad por Acción y *Enterprise Value* / EBITDA. Así mismo, en el método de transacciones comparables se usa el precio de negocios con características similares para establecer el valor de la compañía objetivo. Este método es indispensable para la valoración de proyectos mineros en estados en los cuales no hay suficiente información para desarrollar un análisis de valor presente neto. Además permite realizar una comparación entre proyectos en desarrollo o producción aunque no debe ser utilizado como único método en esos casos. Uno de los principales desafíos bajo esta metodología es determinar comparables válidos.

En la valoración de minas de recursos naturales es necesario considerar la flexibilidad inmersa en la operación de cerrar, abrir o abandonar la mina. Este tipo de opción se asemeja a las opciones

*put*⁵ en donde se paga una prima por tener la posibilidad de ejercer la opción de cierre con el objetivo de evitar pérdidas mayores. Una vez cerrado el proyecto este se convierte en una opción *call*⁶, en donde incurrir en costos de reabrir la mina cuando los precios del metal suban, es similar a ejercer la opción. La teoría de las opciones es muy útil para ayudar a los gerentes a definir el precio en el que se debe tomar la decisión de cerrar o reabrir un proyecto. Sin embargo, en la minería este tipo de valoración es más útil para ser aplicada en aquellos proyectos que al menos ya han pasado por la etapa de pre factibilidad, ya que en este punto ya se tiene una estimación de los recursos disponibles y de los costos y capital necesario para la operación.

Valorar un proyecto por opciones reales da como resultado un valor mayor al que se obtiene a través del flujo de caja descontado, ya que este último tiende a subvalorar las inversiones mineras. La principal diferencia entre la estimación por estos dos modelos se basa en la forma como se descuentan los flujos de caja futuros y en la forma en que se maneja la incertidumbre y la flexibilidad en la administración, sin embargo estas son técnicas complementarias.

⁵ Opciones *put*: da al comprador el derecho de vender un activo a un precio específico en un momento específico, a cambio de una prima al vendedor.

⁶ Opciones *call*: da al comprador el derecho a comprar un activo a un precio específico en un momento específico, a cambio de una prima al vendedor.

9. Viabilidad de aplicación de la metodología de árboles de decisión en la valoración de compañías mineras aluviales.

De acuerdo a la entrevista sostenida con Alexey Duarte⁷, experto en minería con más de 20 años de trayectoria en compañías del sector, en la minería aluvial a diferencia de la minería subterránea, no es posible realizar perforaciones para la extracción de núcleos que permitan certificar bajo las normas internacionales JORC y NI-43-101⁸ los recursos y reservas mineras (el material es fangoso, no sólido como en el caso de perforación en roca).

Sin embargo según algunos expertos en minería aluvial de Mineros S.A.⁹ consultados, los recursos y reservas minerales se valoran en la compañía teniendo en cuenta la norma NI-43-101. El proceso de prospección de las reservas inicia con el reconocimiento del área, en el cual se estudia la información existente en la zona como cartografía, fotografías aéreas, etc. La historia de minería anterior en la zona juega un papel importante y debe servir para la selección e interpretación de las muestras. Es difícil ceñirse reglas fijas en este análisis por lo que el juicio y experiencia del ingeniero que hace el reconocimiento juegan un papel fundamental.

Por lo tanto los recursos y reservas de proyectos aluviales son estimados principalmente a partir de información histórica, lo que dificulta tener absoluta certeza sobre el verdadero volumen y grado¹⁰ del material que se puede extraer de la mina.

⁷ Country Manager para Colombia de Mine Whalers, compañía chilena de inversión y gestión de proyectos mineros en Latinoamérica. Alexey tiene experiencia de más de 20 años en la industria minera, de los cuales dedicó 16 al desarrollo de proyectos en BHP Billiton. Fuente: <http://co.linkedin.com/pub/alexey-duarte/52/624/150>

⁸ Estándares internacionales para la clasificación de reservas mineras. JORC (*Joint Ore Reserves Committee Code*), NI-43-101 (*Canadian National Instrument 43-101*).

⁹ Rafael Roldán J. Director de Exploración; Ramiro Humberto Jaramillo B. Director General Operación Aluvial; Carlos Alberto Hoyos M. Jefe de Exploración Brownfield.

¹⁰ Medida estándar de gramos de oro por tonelada a procesar en la mina, permite formar un criterio objetivo del potencial del yacimiento.

No obstante, nuevos desarrollos como el *Sonic Drilling*¹¹ permitirían aproximar la cantidad de material existente en un aluvión. Actualmente esta tecnología no es usada en Colombia por parte de ninguna compañía de minería aluvial.

Como se mencionó anteriormente la metodología de valoración a través de árboles de decisión es muy útil en situaciones donde existe incertidumbre sobre el futuro pero incluso bajo esta circunstancia pueden definirse alternativas de acción con valores esperados y probabilidades de ocurrencia determinadas. Siendo la valoración de una compañía de minería aluvial un ejercicio en el cual los flujos de caja esperados dependen de las reservas y los recursos mineros disponibles para la compañía (con un alto grado de incertidumbre sobre los mismos por basarse principalmente en información histórica), se considera entonces de gran utilidad la aplicación del modelo de árboles de decisión.

Para poder llevar a cabo la valoración usando este método se hace necesario entonces determinar los diferentes escenarios inciertos a los que puede verse enfrentada la compañía en el futuro y las decisiones que tomaría en cada caso, como por ejemplo el número de años en los que contará con reservas disponibles, el volumen y el grado del material obtenido de estas reservas y la posibilidad de contar con las licencias requeridas para la explotación de las minas. Cada una de estas alternativas y escenarios debe ser valorado usando el método de flujo de caja descontado y se le debe asignar una probabilidad de ocurrencia a partir del concepto de expertos en geología e ingeniería (y en general de la operación minera). Cabe resaltar la importancia de contar con información suficiente y la participación de verdaderos expertos y conocedores de los proyectos de la compañía para poder asignar las probabilidades adecuadas en cada una de las alternativas.

¹¹ Herramienta de perforación mediante ondas que penetra en el suelo y fluidiza materiales porosos.

Con toda esta información es posible entonces construir el árbol de decisión y finalmente obtener un valor esperado de la compañía que incluye los riesgos e incertidumbre que caracterizan las compañías de minería aluvial.

10. Conclusiones

- Los árboles de decisión pueden ser usados en cualquier compañía, proyecto o situación porque toda actividad tiene riesgos asociados que generan incertidumbre sobre el futuro.
- El modelo de valoración por árboles de decisión es complementario a la valoración por flujos de caja descontados porque el árbol es construido con los valores de cada una de las alternativas encontrados bajo el segundo método.
- Los métodos tradicionales de valoración son aplicados más fácilmente a empresas de minería subterránea en las cuales se tiene mayor certeza sobre los recursos y las reservas.
- Es de gran utilidad la aplicación de la valoración por árboles de decisión a las empresas de minería aluvial dada la incertidumbre en los flujos de caja futuros generada de la imposibilidad actual de certificar los recursos y reservas.
- Para poder usar los árboles de decisión en la valoración de una compañía es importante contar con el apoyo de expertos conocedores de la situación de la operación que puedan asignar probabilidades de ocurrencia adecuadas a cada una de las ramas del árbol.

Referencias

- Almuallim, H., Kaneda, S., y Akiba, Y. (2002). *Development and Applications of Decision Trees*. Expert Systems, vol. 1
- Baurens, S. (2010). *Valuation of metals and mining companies*. Working paper. Zürich University.
- Campbell, I. (2008). *The Valuation of Mining Companies*. Stock Research Portal. Recuperado de www.stockresearchportal.com
- Cardona, P. (2004). *Aplicación de árboles de decisión a modelos de riesgo crediticio*. Revista Colombiana de Estadística, vol.27.
- Damodaran, A. (2007). *Probabilistic approaches: scenario analysis, decision trees and simulations*. Working Paper. Stern School of Business, New York.
- Heffernan, V. (2004). *Mineral Property Valuation*. E&MJ, agosto 2004, 21-26.
- Kodukula, P., Papudesu, C. (2006). *Project Valuation using real options*. J. Fort Lauderdale, Estados Unidos: Ross Publishing.
- Maya, C. (julio, 2004). *Valuation: From The Discounted Cash Flows (DCF) Approach To The Real Options Approach (ROA)*. AD-MINISTER, 5, 59-71.
- Ministerio de Minas y Energía Colombia. (2003). *Glosario Técnico Minero*. Recuperado de <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Minas/Glosario%20.pdf>
- Podgorelec, V., Kokol P., Stiglic, B. y Rozman, I. (2002). *Decision trees: an overview and their use in medicine*. University of Maribor.
- Sitio web DTREG. Recuperado el 4 de Julio de 2013 de <http://www.dtreg.com/index.htm>
- Sitio web Mineros S.A. Recuperado el 22 de Junio de 2013 de <http://www.mineros.com.co/es/operaciones/operacion-aluvial>
- Sitio web Palisade Corporation. Recuperado el 4 de Julio de 2013 de <http://www.palisade.com/precisiontree/>
- Sitio web TreeAge Software Inc. Recuperado el 4 de Julio de 2013 de <http://www.treeage.com/discover/>

Sitio web TreePlan Software. Recuperado el 4 de Julio de 2013 de <http://www.treeplan.com/treeplan-for-decision-trees.htm>

Universidad Hacettepe (1996). *Dictionary of Mining, Minerals and Related Terms*. Recuperado el 22 de Junio de 2013 de <http://www.maden.hacettepe.edu.tr/dmmrt>

Vasiliki, M. (2011). *Decision Tree Analysis and Real Options: A Reconciliation*. *Managerial and Decision Economics*, 32, 261-264